

KÜLÖNBÖZŐ KÉREGKÉPZŐ ANYAGOK VIZSGÁLATA A SZÉLERÓZIÓ ELLENI VÉDEKEZÉS SZEMPONTJÁBÓL MIKROPENETROMÉTER SEGÍTSÉGÉVEL

TESTING OF DIFFERENT SOIL SURFACE CRUSTING MATERIALS FOR WIND EROSION CONTROL WITH MICROPENETROMETER

Tatárvári Károly^{1*}, Nagy Nikolett²

¹Víz és – Környezettudományi Tanszék, Mezőgazdaság – és Élelmiszertudományi Kar, Széchenyi István Egyetem, Magyarország

²Növénytudományi Intézet, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debreceni Egyetem, Magyarország

Kulcsszavak:

Talaj felületi kéregképződés
Szélerózió
Talajvédelem
Környezeti modellezés
Mikropenetrométer

Keywords:

Soil surface crust
Wind erosion
Soil protection
Environmental modeling
Micropenetrometer

Cikktörténet:

Beérkezett 2018. október 23.
Átdolgozva 2019. március 6.
Elfogadva 2019. március 18.

Összefoglalás

Az eróziós károk mértéke a mezőgazdaságban (víz és szélerózió) várhatóan a klímaváltozás hatására a jövőben jelentősen emelkedni fog. Laboratóriumi kísérleteket végeztünk laza szerkezetű talajon, mikropenetrométer segítségével, a védekezésben alkalmazható felületi kéregképződést elősegítő anyagokkal (vinasz, bentonit, Na_2SiO_3 , NaAlO_2 , Hypercell – természetes cellulózzrost, papíripari cellulóz melléktermék és ezen anyagok különböző arányú keverékeivel). A kapott eredményekből térinformatikai szoftver segítségével felületi kéreg modelleket készítettünk. A vizsgálatok eredményeit eltérő mértékű öntözés hatásaival és kezeletlen talajjal vetettük össze. A vizsgálatok alapján egyértelműen megállapítható, hogy adott típusú talajon az anyagok és azok keverékeinek hatására jelentősen eltérő keménységű felületi kéregképződés tapasztalható. A legnagyobb szilárdságú kéregképző kezelések esetében csírázási tesztet is végeztünk, melynek eredményei alapján kijelenthető, hogy a képződött felületi kéreg keménysége és összetétele a csíraszámot befolyásolhatja.

Abstract

The rate of erosion damage due to climate change is expected to increase significantly in the future of agriculture (water and wind erosion). Laboratory experiments were carried out on sandy soil, using micropenetrometer, with soil surface crusting agents (vinasse, bentonite, Na_2SiO_3 , NaAlO_2 , Hyper Cell - a natural cellulose fiber, pulp and paper industry by-product and the mixture of these materials). From the results we obtained surface crust models using GIS software. The results of the studies were compared with the effects of irrigation and

* Kapcsolattartó szerző: Tatárvári Károly
E-mail cím: tatarvarik@gmail.com

untreated soil. On the basis of the examinations, it can be clearly established that the doses of the substances and their mixtures on a given type of soil have a significantly different hardness of surface crust formation. In the case of the highest strength soil surface crusting treatments, a sprouting test was carried out. It was found that the used materials may affect formed surface hardness and composition influence the number of seedlings.

1. Bevezetés

A fenntartható fejlődés szemléletében a jelen és jövő generációk életminőségét nagyban befolyásoló tényező talajaink állapota. Az egyik, ha nem a legjelentősebb veszélyforrás az agrárművelésű területeinkre, és ezáltal az élelmiszerellátásunk mennyiségi és minőségi mutatóira, talajaink eróziós károk általi veszélyeztetettsége [1-3]. A víz és szél által okozott erózióknak számos oka lehet, a természetes eredetű talajpusztuláson túl, az antropogén okok, melyek különösen az agrár-művelésű területeken számottevőek. Ennek megfelelően számos országban dolgoznak azon, hogy milyen módon lehet az eróziós talajvesztés mértékét csökkenteni. Az erózió által a feltalajokban legfőképpen a szervesanyagok, vályog és agyag frakció alkotói csökkennek, ezáltal redukálódhat azok termőképessége, így a talajok tápanyag ellátottsági mutatói jelentősen változhatnak. Ugyanakkor az erózió által légkörbe kerülő por frakció egy részét a természetes ökoszisztéma részének is tekinthetjük [1,4,5,6,7].

Az esőzések alkalmával a talajok felszínén, amennyiben azok agyagtartalma meghaladja az 5 %-ot természetes eredetű felszíni kéreg jön létre, amely bizonyos mértékben és ideig a felszíni kéreg stabilitásától és keménységétől függően képes megakadályozni a felszíni eróziót. A folyamat során a kisméretű agyagszemcsék a felszínen koncentrálnak, majd száradás után kérget képeznek a talaj felszínén. [8]

Agrár-művelésű talajaink megóvása érdekében számos kutató kísérletezett és kísérletezik azzal, hogy a talajok felszíni kéregesedését – amely a talajok többségénél természetes folyamat lenne – elősegítse, javítsa. A kutatási irányok alapján alapvetően kétféle „kötőanyagot” különböztethetünk meg, amelyek a talaj szemcséit kötik össze, ezek kémiaiilag stabilak vagy biológiailag lebonthatók, így nem szennyeznek, illetve terhelik a környezetet. Zerin et al. interpolielektrolit (IPC) anyagokkal végeztek kísérleteket. Véleményük szerint a kísérleti anyag és a hasonló IPC-k alkalmasak környezeti veszélyzónák lehatárolására, azokból a víz és szélerózió általi további szennyezés megakadályozására [9]. Zhang et al. munkássága alapján a másik lehetséges kéregképző anyagként gyakran merül fel a poliakrilamid ((C₃H₅NO)_n; CFM 2000; PAM). Az eljárás működési elve, hogy a kisebb szemcsékkel ionos kötést képezve azok nagyobb rögökké állnak össze, ezáltal csökkentve az erózió mértékét. Növeli a csapadék beszívargását a talajba, ökonómiaiilag nem megterhelő a mezőgazdasági alkalmazása sem, környezetvédelmi szempontból biztonságos [10]. Pelt és Zobeck vizsgálatában azonban, ahol 2,5, 5 és 10 kg/ha dózist alkalmaztak PAM hatóanyagból és 950 l/ha vízben hígítva juttatták ki nem tapasztaltak hatást a szélerózió mértékére [11]. Armbrust [12] különböző dózisú PAM keverékekkel végzett vizsgálatokat. Tapasztalatai szerint a PAM alkalmazása nem hatékonyabb a csapadék vagy öntözés hatására kialakuló felületi kérgeknél.

A szerves anyagok alkalmazása a talajjavításban jól ismert. Cukor-etanol ipari melléktermékek alkalmazásával szintén javíthatók a talajok egyes mutatói. Hazbavi és Sadeghi [13] vinasz hatását vizsgálták a kéregképződésre és vízerózió elleni védelemre. Szignifikáns erózió elleni hatást nem tapasztaltak.

Lóki [14] összefoglalót ad az addig elvégzett hazai és nemzetközi kutatásokból a felszíni kéregképző szerek terén. Megállapította, hogy a polimer készítmények és vízben oldható vegyszerek már 0,5 % -os töménységben is nagyobb védelmet adnak a feltalajnak, mint az 1-2 % -os vinasz oldat. Az általa alkalmazott oldat által képzett felszíni kéreg száradás után szétrepedezett, 8-10 m/s erősségű szélnél még védelmet biztosított, 14 m/s erősségnél felszakadozott. Véleménye szerint a melasz a szélerózió elleni védekezésre alkalmasabb, mint a

vinasz, 2 %-os oldata olyan kérget képez, amely a szélerózió ellen védelmet biztosít, a növényzet fejlődését nem akadályozza.

Neururer et al. [15] különböző bitumen alapú kéregképző szerekkel végzett kísérleteket (Bituplant és SareaEvaporation Inhibitor) Egyiptomban. Tapasztalataik szerint a szerek által képzett bitumen filmek megfelelőek az erózió megakadályozására, nagyobb terméseredményeket biztosítottak, a talaj párolgása csökkenthető, és egyes növényi kártevők ellen is hatásosak lehetnek.

A fenti röviden összefoglalt eredményekből látható, hogy az alkalmazható anyagok és dózisaik jelentősen eltérőek. Általánosan alkalmazott és kutatott anyag a PAM és különböző ipari melléktermékek a szélerózió elleni kéregképző anyagok körében. Gyakran alkalmaznak még, különösen építkezések során, különböző finom cement porokat, geopolimereket és más műanyag vagy vegyipari származékokat a célra. Kísérleteink célja annak vizsgálata volt, hogy a szakirodalmi forrásokban a szélerózió elleni védekezés során alkalmazott lehetséges szerek és egyes biológiailag bontható „környezetkímélő” melléktermékek, különböző dózisokban alkalmazva, mikropenetrométerrel [16] mérve, a kialakuló felületi kéreg keménységét összehasonlítsuk, a leginkább hatásos kezeléseket egyes agronómiai szempontok szerinti vizsgálatoknak is alá vessük, alkalmazhatóságukról egyfajta képet adjunk.

2. Módszer

A kísérleti kezeléseket Győrszentivánról származó homoktalajon végeztük, a kísérleti talaj pontos mutatóit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat A kísérleti talaj alapvető talajtani mutatói

pH		K_A	$CaCO_3$	Humusz (%)
H_2O	KCl			
7,7	7,4	34	7,4	2,2

A talajt szárítottuk és homogenizáltuk, majd 25 x 45 x 5 cm-es műanyag tálcákba töltöttük. A kísérleti kezelésekhöz a talajok felszínét egyszerű kézi permetező segítségével kezeltük, a beszivárgás mélységét az edény oldalától 5 cm távolságban a talajt megbolygatva mértük. 24 óra elteltével a felületi kéreg teljesen kiszáradt, ekkor végeztük el a mikropenetrométeres vizsgálatokat. A 3T Systems által gyártott mikropenetrométerhez 5 mm-es gömbfejet alkalmaztunk. A mikropenetrométeres vizsgálatokból származó eredményeknél kizárólag a felső 0,5 cm-es rétegben tapasztalt legmagasabb értékeket vettük figyelembe, mivel ez az érték jellemzi leginkább a felületi kéreg keménységét, ezeknél az értékeknél szakadt át / tört el a felületi kéreg. A méréseket egy tálca esetében, a tálca szélétől számított 5 cm sávot elhagyva, 5x5 cm négyzetrácson egy - egy mérést végeztünk, így kezelésenként 32 db adatot kaptunk. A kezelések pontos leírását és rövidítését tartalmazza a 2. táblázat.

2. táblázat A kísérletben alkalmazott anyagok keverékeinek és a kontroll H_2O kezelések

Kezelés neve / Jelölése	Kezelőanyag mennyisége / keverék aránya
Cellulóz I	25 ml a 15 g cellulóz / 4 l H_2O törzsoldatból
Cellulóz II	25 ml a 15 g cellulóz / 2 l H_2O törzsoldatból
Cellulóz III	50 ml a 15 g cellulóz / 2 l H_2O törzsoldatból
Na_2SiO_3 I	25 ml H_2O / 5 ml Na_2SiO_3 oldat
Na_2SiO_3 II	25 ml H_2O / 5 ml Na_2SiO_3 + 5 ml Na – AL V/V%-os oldat
Na_2SiO_3 III	50 ml H_2O / 10 ml Na_2SiO_3 + 10 ml Na – AL

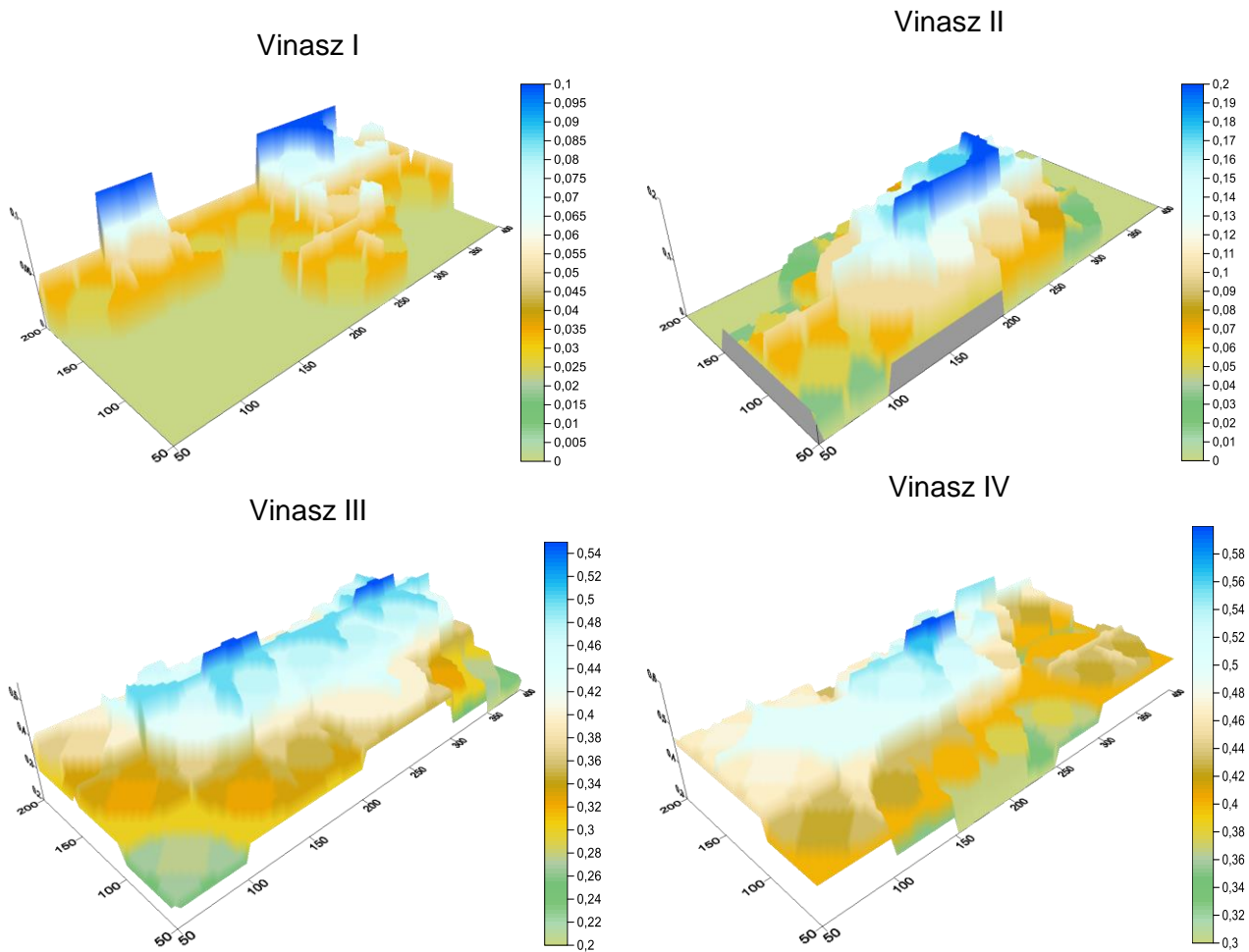
Kezelés neve / Jelölése	Kezelőanyag mennyisége / keverék aránya
	V/V %-os oldat
Bentonit I	100 ml H ₂ O + 5g Hypercell + 20 g bentonit
Bentonit II	100 ml H ₂ O + 20 g bentonit
Bentonit III	100 ml H ₂ O + 20 g Hypercell + 5g bentonit
Bentonit IV	100 ml H ₂ O + 15 g Hypercell + 10 g bentonit
Bentonit V	100 ml H ₂ O + 10 g Hypercell + 15 g bentonit
Vinasz I	12,5 ml H ₂ O + 12,5 ml vinasz
Vinasz II	25 ml H ₂ O + 25 ml vinasz
Vinasz III	50 ml H ₂ O + 25 ml vinasz
Vinasz IV	100 ml H ₂ O + 50 ml vinasz
H ₂ O I	50 ml desztillált víz
H ₂ O II	100 ml desztillált víz
H ₂ O III	200 ml desztillált víz

A cellulóz kezelések esetében a szalmából történő cellulóz gyártás során keletkező enyhén lúgos mellékterméket alkalmaztuk, melyet vízben áztatva keveréssel, kézi permetezővel kijuttatható méretűre aprítottunk. A méréseket abszolút kontrollként csak homogenizált talajjal feltöltött tálcán is elvégeztük, minden esetben 0 x 100 kPa értéket kaptunk eredményül, azaz a homogenizált talaj ellenállása nullának adódott. A kapott értékeket térinformatikai szoftverrel ábrázoltuk, mozgóátlagot alkalmazva 5x5 cm rádiusszal. A program a mérési pontok között kiszámolja a szükséges adatokat és a kapott egyenletnek megfelelően tölti fel azt adatokkal. A módszer alkalmas nagy adatigényű trendek és változások ábrázolására, akár zajos adatkészletekben is, amilyenek a környezeti adatsorok. Ésszerű alternatíva a legközelebbi szomszédok szerinti rácsolásra szisztematikusan elhelyezett mérési pontok esetében [17]. A szükséges statisztikai elemzéseket elvégeztük a mért és generált adatállományokon, azok eredményeit jelen cikkünkben terjedelmi okok miatt nem közöljük. A statisztikai elemzések mind Nearest Neighbor Statistics, az Univariate Grid Statistics és az ANOVA elemzések alapján is szoros és erős kapcsolatot mutattak minden adatsor esetében, kivéve a Vinasz I és H₂O I kezelést. A csíraszám vizsgálatokat kontroll 500 ml H₂O előkezeléssel és H₂O III, Vinasz III és IV, Bentonit IV, Na₂SiO₃ III és Cellulóz III kezelésekkel végeztük el fehér mustár (*Sinapis alba*) 96 % - os csírázási képességű vetőmaggal. A csíraszámot 48, 96 és 216 óra elteltével regisztráltuk.

3. Eredmények és tárgyalásuk

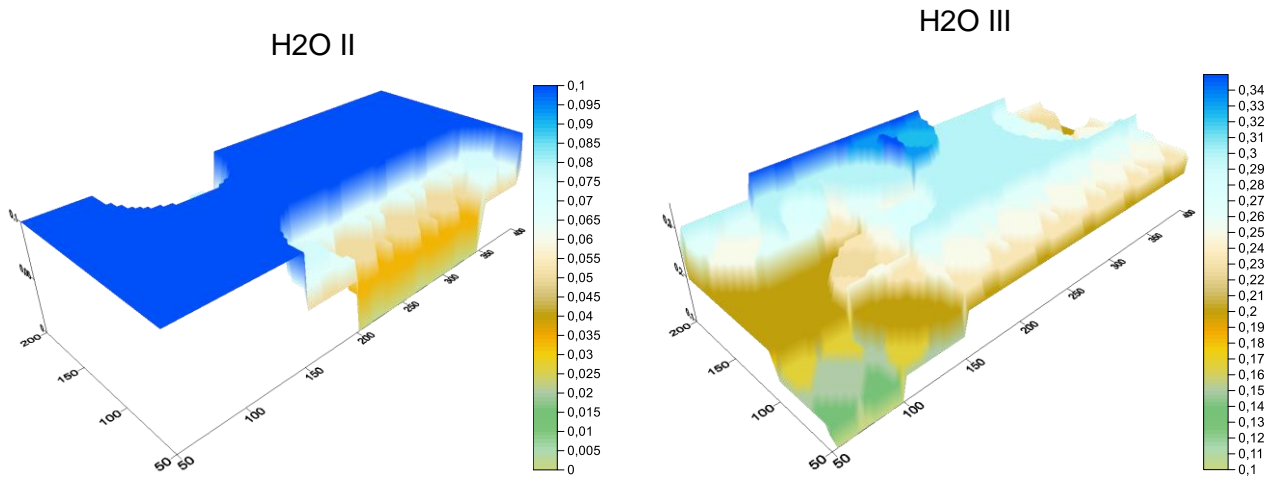
A Vinasz I kezelés esetében rendkívül inhomogén felületi kéregképződést tapasztaltunk, amelynek hatása tulajdonképpen a 32 mérési pontból 5 pontban mutatkozott meg, ezekben a pontokban 0,1 x 100 kPa értékkel tudta emelni a felületi kéreg ellenállását, így a kezelést a szélerózió elleni védekezéshez alkalmatlannak tekintjük. A Vinasz II kezelésnél jóval homogénebb kéregképződést tapasztaltunk 0,1-0,2 x 100 kPa értékek között. Azonban az oldat nem tudott megfelelő mértékben homogén és erős felületet képezni, amely a szélerózió kialakulása esetén az egyes felületek közötti hézagokból eredményezhet kifúvást. A Vinasz I és II kezelés esetében sem tapasztaltunk a homogenizált talajokon mérhető beázási profilt. A Vinasz III kezelésnél a képződött kéreg teljes mértékben fedte a felületet. A kialakuló felületi kéreg repedésmentes, homogén felület volt. A kezelés hatására a talaj felszínén 1 mm-es beszivárgást tapasztaltunk. A felületi kéreg maximális keménysége 0,2 - 0,6 x 100 kPa között, átlagosan 0,375 x 100 kPa értéknek felel meg. A Vinasz IV kezelés hatására a Vinasz III kezeléshez hasonlóan repedésmentes, homogén réteg alakult ki. A talaj felszínén 3 mm mély beszivárgást tapasztaltunk. A képződött felületi kéreg maximális keménysége 0,3 – 0,6 x 100 kPa érték között adódott, átlagosan a teljes mért felületre

vonatkoztatva $0,44 \times 100$ kPa. A kísérletek során a vinasz kezelések esetében mért eredményekből készített felületi kéreg modellek láthatóak az 1. ábrán.



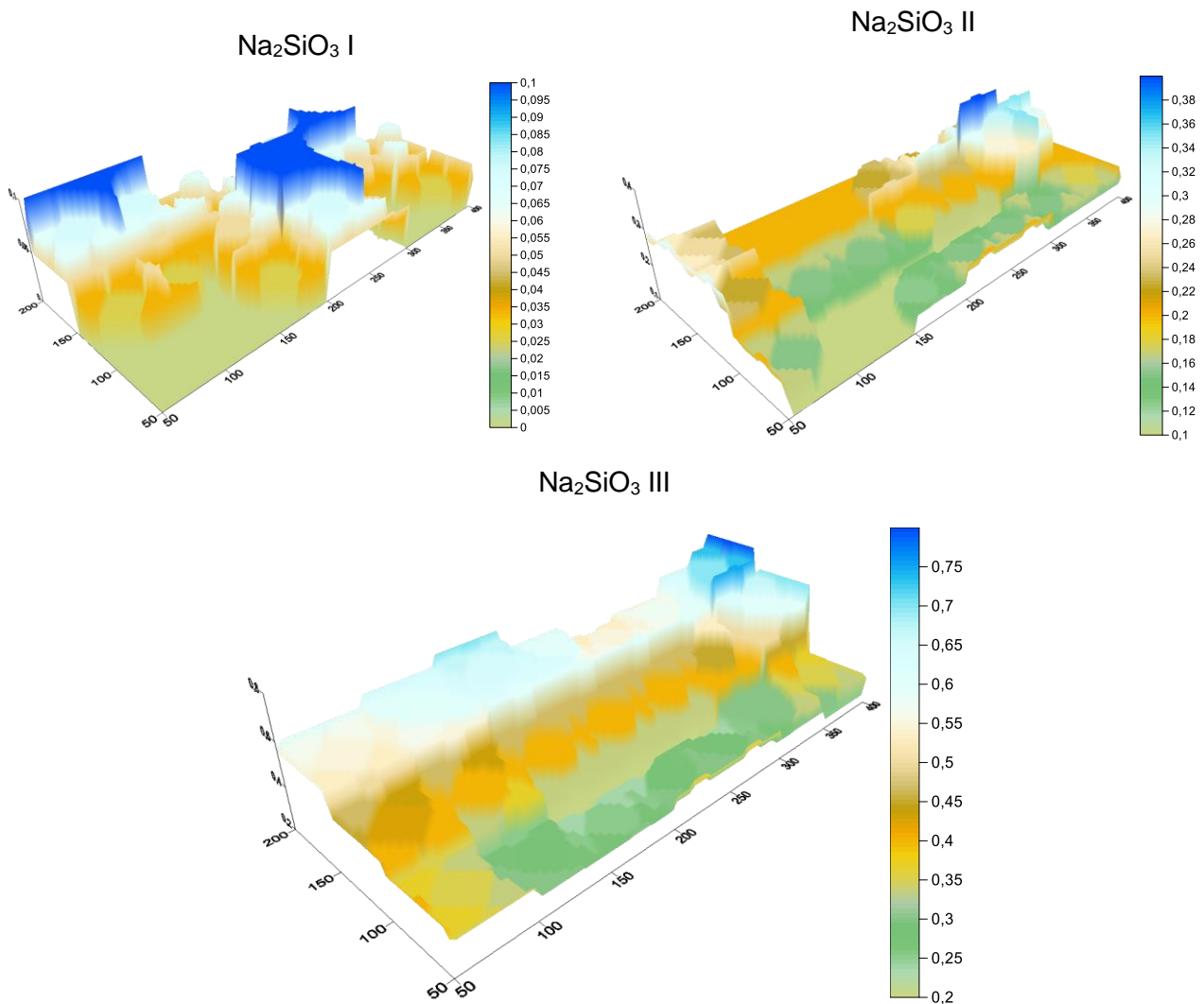
1. ábra A vinasz kezelések hatása a felületi kéreg keménységére ($\times 100$ kPa)

A H_2O I kezelés hatására minimális felületi kéregképződést tapasztaltunk, a kialakult felület erősen hajszálrepedezett volt. A 32 pontból egy pontban tapasztaltunk $0,1 \times 100$ kPa kéregellenállás növekedést. A H_2O II kezelésnél 5 mm beszivárgást, és enyhe hajszálrepedés képződést (átmérője <1 mm) tapasztaltunk, a mérés során további repedések képződtek, a kéreg könnyen szétesett. A képződött felületi kéreg maximális ellenállása $0,1 \times 100$ kPa, a teljes felületre vonatkoztatva átlagosan $0,08 \times 100$ kPa. A H_2O III kezelésnél homogén repedésmentes kéreg képződött, a beszivárgás mélysége 7-8 mm volt. A mért pontokon a felületi kéreg maximális ellenállása $0,1-0,4 \times 100$ kPa között adódott, átlagosan a teljes felületre vonatkoztatva $0,25 \times 100$ kPa. Ennek megfelelően az adott talajtípuson a szélerózió elleni védekezés egyik formája lehet az öntözés. Azonban szilárd kéregképződést, azaz a feltalaj kiszáradása utáni hatékony védelmet csak a H_2O III. kezelés szerinti 50 – 60 mm csapadéknak megfelelő mennyiségű öntözővízzel lehet elérni. A 2. ábrán a H_2O II és III kezelések hatására elért eredményekből képzett felületi kéregmodellek láthatóak.



2. ábra A H_2O II és III kezelések hatása a talaj felületi kéregképződésre ($\times 100$ kPa)

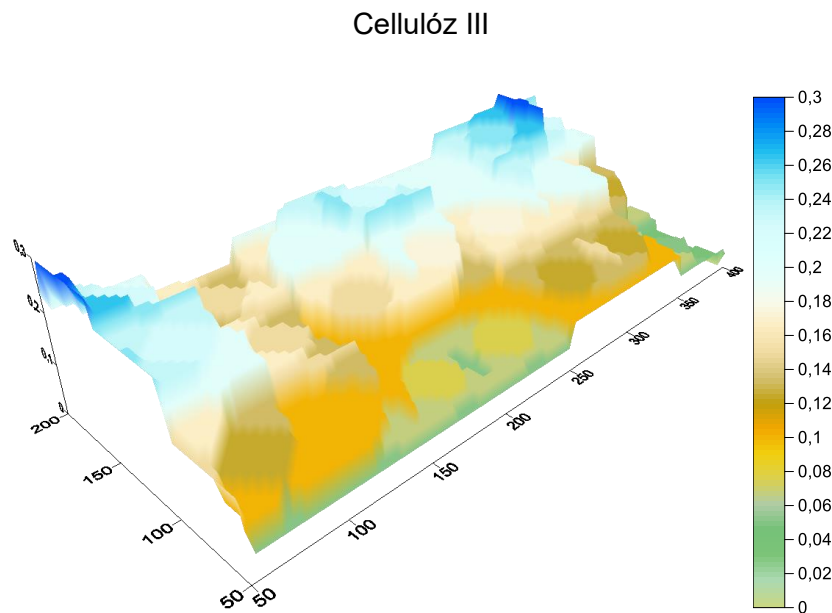
Az Na_2SiO_3 I kezelés hatására repedésmentes kéreg képződött, a kezelés során a beszivárgás mélysége 2-3 mm. A kialakult felületi kéreg keménysége 0,1 – 0,3 $\times 100$ kPa adódott, átlagosan a teljes felületre vonatkoztatva 0,14 $\times 100$ kPa volt, ami a H_2O II kezelést meghaladja, de a H_2O III kezelés keménységét nem éri el. A Na_2SiO_3 II és III kezelésben a hatásosságot Na – AL oldat hozzáadásával próbáltuk fokozni. A kezelések eredményessége a 3. ábrán látható.



3. ábra Az Na_2SiO_3 kezelések hatása a felületi kéregképződésre ($\times 100$ kPa)

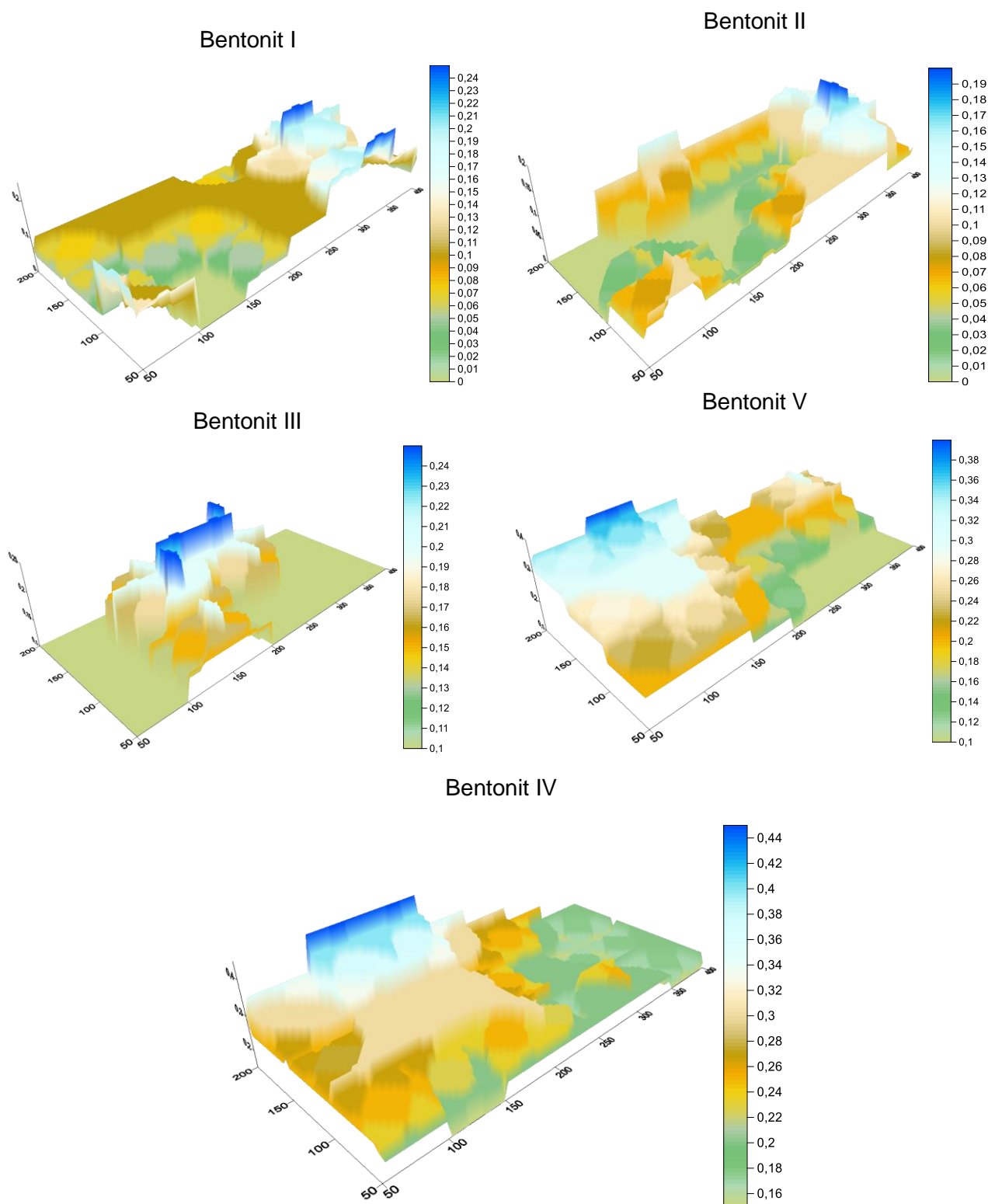
Az Na_2SiO_3 II kezelés hatására sima, repedésmentes homogén kéreg képződött. A kezelőanyag beszivárgásának mértéke 2-3 mm. Az Na_2SiO_3 III kezelésben szintén sima és repedésmentes, azonban az előbbihez viszonyítva átlagosan a teljes felületre viszonyítva kétszer keményebb felületi kérget eredményezett (Na_2SiO_3 II: 0,2 x 100 kPa; Na_2SiO_3 III: 0,44 x 100 kPa). Az Na_2SiO_3 II kezelés a H_2O III kezeléshez hasonló keménységű, míg az Na_2SiO_3 III annál közel kétszer keményebb felületi kéreg képződését idézte elő. A Vinasz III és IV kezelés átlagos felületi keménységét csak az Na_2SiO_3 III kezelés haladta meg, illetve érte el.

A Cellulóz I és II kezeléssel inhomogén, maximum 0,1 x 100 kPa ellenállású felületi kérget tudtunk kialakítani, amely a H_2O II kezelés eredményességét sem éri el. A Cellulóz III kezeléssel jóval homogénebb felületi kéreg képződött (4. ábra), amelynek keménysége átlagosan 0,16 x 100 kPa a teljes felületre vetítve, ez a H_2O II és III kezelések között helyezkedik el, hatásosság tekintetében sem a Vinasz sem az Na_2SiO_3 kezelésekkal létrehozott kéreg keménységét nem éri el.



4. ábra A Cellulóz III kezelés hatására képződött felületi kéreg modellje (x 100 kPa)

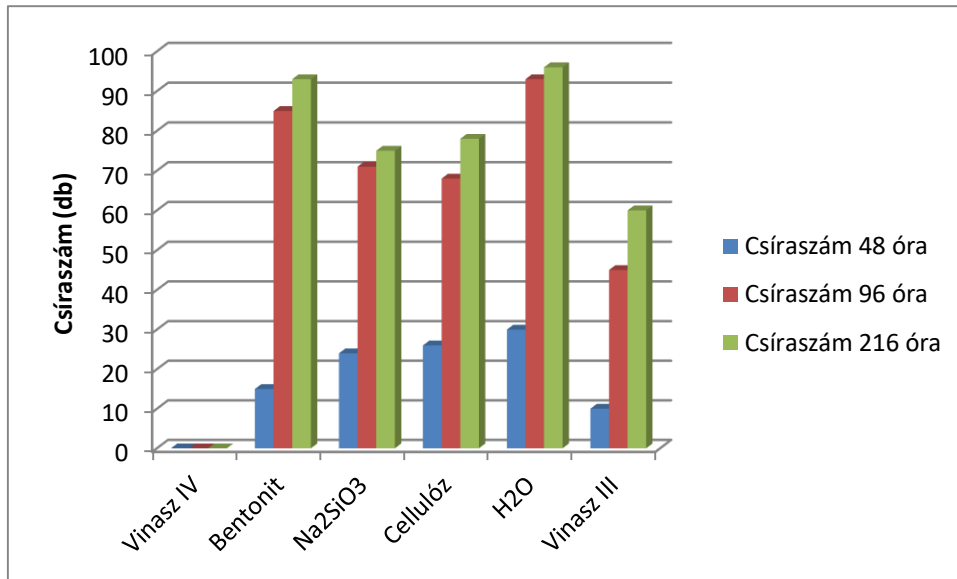
A Bentonit I és II kezelés hatására mindkét esetben a képződött kéreg erős repedezése, leveles széttöredezése volt tapasztalható. A képződött kéreg a Bentonit I esetében átlagosan a teljes felületre vonatkoztatva 0,1, a Bentonit II-nél 0,07 x 100 kPa volt. Ezek az értékek a H_2O II kezelés eredményeinek felelnek meg. A Bentonit III kezelésnél már csak enyhe repedezést tapasztaltunk a kialakuló felületen, egyöntetű sima felület alakult ki, ami erőhatásra levelesen tört szét, a kéreg vastagsága 1 mm volt, átlagos teljes felületre vonatkoztatott keménysége 0,13 x 100 kPa. A Bentonit IV kezelés hatására homogén, repedésmentes felület jött létre, amely a mérés után sem repedezett, átlagos teljes felületre vonatkoztatott keménysége 0,25 x 100 kPa. A Bentonit V kezelés során 1-2 mm vastag kéreg képződött, ami erősen (5 mm szélesen) repedezett, cserepesedett. A kezelés a cserepesedés hatására a Bentonit IV kezelés felületi kéreg ellenállását sem érte el, átlagosan a teljes felületre vonatkoztatva 0,21 x 100 kPa értéknek adódott. A Bentonit kezeléseknél az erős cserepesedés, illetve a száraz kéreg gyakori levelesedése a kezelőanyagok magas, vagy rossz arányú agyagtartalma miatt következett be. A Bentonit IV kezelés (5. ábra) a H_2O III hatásosságát, míg a többi kezelési kombináció a Bentonit II-t kivéve a H_2O II kezelés eredményét érte el vagy haladta meg.



5. ábra A Bentonit kezelések hatása a felületi kéregképződésre ($\times 100 \text{ kPa}$)

3.1. A kéregképző anyagok hatása a csíraszám alakulására

A kísérleti tenyészedényekbe 100 db fehér mustár (*Sinapis alba*) magot vetettünk, majd az anyag és módszer fejezetben leírt kezeléseknak megfelelően, permetezéssel kezeltük a talajok felületét. A csíraszám felvételezéseket 48, 96 és 216 óra elteltével végeztük el. Az eredményeket a 6. ábra mutatja be.



6. ábra A kezelések hatására a csíraszám alakulása a felvételezési időpontokban

A kezelések hatására a Vinasz IV esetében csírázást nem tapasztaltunk, míg a Vinasz III-nál a csírázási szám jelentős csökkenéséről beszélhetünk, ami a vinasz jelentős sótartalmával állhat összefüggésben. Az Na₂SiO₃ III és a Cellulóz III kezelés hatására a csírázási szám kismértékű csökkenését, míg a Bentonit IV és a H₂O III kezeléseknél a vetőmag minősítő által mért csíráképességhez képest jelentős eltérést nem tapasztaltunk.

4. Következtetések

Az adott talajtípuson végzett kezelések jelentősen eltérő kéregképződést eredményeztek. A vizsgált anyagok közül, a biológiailag lebonthatóak a Vinasz kivételével jelentősen elmaradtak az ipari megoldástól. A H₂O III kezelés (60 mm öntözésnek megfelelő vízmennyiség) kéregellenállási értékét csak a Bentonit IV kezelés és a Vinasz III és IV érte el, azonban a Vinasz és Na₂SiO₃ kezelések a magok csírázására jelentős hatást gyakorolhatnak. Ennek megfelelően a Bentonit IV kezelést tekinthetjük a gyakorlat szempontjából is alkalmazhatónak. Megjegyzendő, hogy a gyakorlati alkalmazás előtt további vizsgálatok folytatása a kutatási területen elengedhetetlen, különösen annak fényében, hogy a Vinasz kezelések az ipari megoldáshoz hasonló mértékű kéregképződést okoztak.

Irodalomjegyzék

- [1] Bodolay I-né., (1964): A talajok széleróziójának folyamata és dinamikája. Agrokémia és Talajtan, 14.No 3-4. pp. 311-320.
- [2] Geertrui L., Gay H.S., Burre A., edited (2009): Addressing soil degradation in EU agriculture: Report on the Project 'Sustainable Agriculture and Soil Conservation (SoCo)'. pp. 19. JRC Scientific and Technical Report.
- [3] Li J., Okin G. S., Tatarko J., Webb P. N., Herrick E. J., (2014): Consistency of wind erosion assessment across land use and land cover types: a critical analysis. Aeolian Research, 15. pp. 253-260.
- [4] Wang X., Oenema O., Hoogmoed W.B., Perdok U. D., Dianxiong C., (2006): Dust storm erosion and its impact on soil carbon and nitrogen losses in Northern China. Cathena, 66. pp. 221-227.
- [5] Shao Y., Wyrwoll H. K., Chappell A., Huang J., Lin Z., McTainsh H. G., Mikami M., Tanaka Y.T., Wang X., Yoon S., (2011): Dust cycle: An emerging core theme in Earth system science. Aeolian Research, 2. pp. 181-204.
- [6] Zhao H. L., Zhou R. L., Drake S., (2007): Effects of aeolian deposition on soil properties and crop growth in sandy soils of northern China. Geoderma, 142. pp. 342-348.
- [7] Tatárvári K., Négyesi G., (2013): Néhány Duna-Tisza közti talaj szélerózió hatására bekövetkező tápelemvesztése szélcsatorna kísérletek alapján. Agrokémia és Talajtan, 62 (2). pp. 285-298.
- [8] Valentin. C., Bresson. L.M., (1992): Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils, Geoderma. 55. pp. 225-245.
- [9] Zezin A.B., Mikheiken S. V., Rogacheva V.B., Zansokhova M.F., Sybachin A.V., Yaroslavov A.A., (2015): Polymeric stabilizers for protection of soil and ground against wind and water erosion, Advances in Colloid and Interface Sciences 226. DOI: 10.1016/j.cis.

- [10] Nwankwo K. N., (2001): Polyacrilamide as a soil stabilizer for erosion control. Final Report. Wisconsin Department of Transportation. 28 p.
- [11] Pelt V.R.S., Zobeck T.M., (2004): Effects of polyacrilamide, cover crops, and crop residue management on wind erosion, ISCO 2004. 13th International Soil Conservation Organisation Conference – Brisbane
- [12] Armbrust D.V., (1999): Effectiveness of polyacrilamide (PAM) for wind erosion control. Reprinted from the Journal of Soil and Water Conservation.54 (3). pp. 557-559.
- [13] Hazbavi Z., Sadeghi S.H.R., (2016): Potential effects of vinasse as a soil amendments to control runoff and soil loss, Soil. 2. pp. 71-78.
- [14] Lóki J., (2004): A szélrózsió mechanizmusa és magyarországi hatásai. MTA doktori értekezés, Debrecen.
- [15] Neururer H., Steinmayer W., Genead A., (1991): Potentiality for soil erosion control and improving plant production in arid zones, 4th Communication: Field Trials and their results.
- [16] Sheng D., (2006): A Micropenetrometer for detecting structural strength inside soft soil. Geotechnical Testing Journal.29 (6): pp. 1-8.
- [17] GOLDEN SOFTWARE., (2011.): Surfer 11 TrainingGuide, Golden Software Inc., Golden, Co 80401, USA